

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 835 972**

(21) N° d'enregistrement national :

**03 00015**

(51) Int Cl<sup>7</sup> : H 01 Q 21/24, H 01 Q 19/28

(12)

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION****A1**

(22) Date de dépôt : 02.01.03.

(30) Priorité : 03.01.02 US 10039152.

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 15.08.03 Bulletin 03/33.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : HARRIS CORPORATION — US.

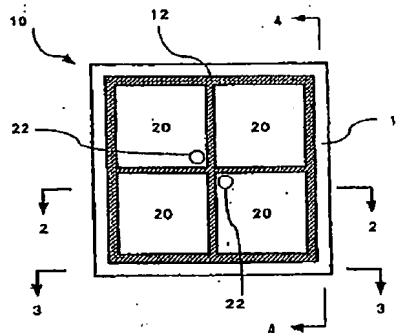
(72) Inventeur(s) : RAWNICK JAMES J, DURHAM TIMO-  
THY E et JONES ANTHONY M.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET BALLOT.

(54) SUPPRESSION DE COUPLAGE MUTUEL ENTRE ELEMENTS D'ANTENNE PLANS D'UNE ANTENNE EN  
RESEAU.

(57) La présente invention concerne un procédé et un ap-  
pareil pour la réduction du couplage mutuel entre éléments  
plan d'antenne rayonnants adjacents en réseau. Ces élé-  
ments peuvent être positionnés de manière adjacente les  
uns aux autres selon une configuration géométrique de ré-  
seau d'antenne standard. Une ligne métallique conductrice  
est ménagée dans le plan de chaque élément sur un péri-  
mètre extérieur de ce dernier. La ligne métallique conductri-  
ce est reliée à un potentiel de masse. Le potentiel de masse  
plan est préférablement fourni par un réflecteur de masse  
plan au-dessus duquel les éléments d'antenne (10) sont  
suspendus. La ligne métallique conductrice peut être reliée  
au réflecteur de masse plan au moyen d'une ou de plusieurs  
bornes de mise à la masse s'étendant entre la ligne métalli-  
que conductrice et le réflecteur de masse plan.

**FR 2 835 972 - A1**

2835972

RECEIVED  
CENTRAL FAX CENTER  
NOV 01 2007

SUPPRESSION DE COUPLAGE MUTUEL ENTRE ÉLÉMENTS D'ANTENNE  
PLANS D'UNE ANTENNE EN RÉSEAU

La présente invention concerne généralement des procédés et un appareil pour apporter des améliorations aux éléments plans d'une antenne en réseau, et plus particulièrement pour réduire les effets indésirables  
5 causés par le couplage mutuel entre éléments adjacents d'une antenne en réseau.

Les systèmes d'antennes en réseau à éléments en phase sont bien connus dans l'art des antennes. De telles antennes sont généralement constituées d'une  
10 pluralité d'éléments rayonnants capables d'être contrôlés individuellement en phase et en amplitude. Le profil de rayonnement du réseau est déterminé de manière sélective par la géométrie des éléments individuels et par les relations sélectionnées entre  
15 phase et amplitude des différents éléments. Les éléments de ces systèmes d'antenne peuvent être constitués de dipôles, de fentes, ou de n'importe quel autre agencement approprié.

Ces dernières années, divers types nouveaux  
20 d'éléments d'antenne plans ont été développés pour convenir à des applications en réseau. Un exemple d'un tel élément d'antenne plan bien connu de l'homme du métier est fourni par le brevet US 5 926 137 attribué à Nealy.

25 L'élément plan d'antenne qui y est divulgué est communément connu dans l'art sous le nom d'antenne Foursquare. Sa conception est celle d'un élément de double polarisation et de largeur de bande modérée constituée d'une métallisation imprimée sur un substrat  
30 de faible perte suspendu au-dessus d'un réflecteur de

masse plan. Diverses polarisations peuvent être réalisées avec l'élément Foursquare. Des polarisations doubles linéaires, circulaires et elliptiques de toute orientation ou et de tout sens sont par exemple

5 possibles. L'élément Foursquare peut être disposé en réseau afin de produire un faisceau hautement directionnel. Le faisceau du réseau peut alors être produit par balayage en ajustant la phase relative des éléments selon la pratique conventionnelle.

10 Les antennes en réseau à large bande offrent de nombreux avantages comparés aux antennes en réseau à bande étroite pour une gamme étendue d'applications variant des systèmes de communications sans fil à large

15 bande aux systèmes de radar militaires. Cependant, les antennes en réseau à large bande présentent des difficultés de conception en raison de certains critères de conception contradictoires. L'une des principales difficultés concerne la sélection

20 d'éléments rayonnants appropriés d'antenne à large bande. En outre, l'espacement serré de certains éléments d'antenne plans à l'intérieur d'un réseau s'est avéré problématique en raison du couplage mutuel parmi les éléments individuels. Un tel couplage peut

25 être mis à profit pour obtenir des largeurs de bande plus importantes que celles qu'il est possible d'obtenir au moyen d'éléments uniques. Cependant, le couplage mutuel qui donne une meilleure performance en termes de largeur de bande peut également comporter certains effets négatifs. C'est ainsi que ce couplage

30 risque de fausser les profils de rayonnement théoriques lorsque l'effet du couplage n'y est pas pris en compte, et de modifier l'impédance d'entrée d'éléments individuels pour une fréquence d'exploitation donnée.

Un certain effort de recherche a été consacré en vue d'affronter les effets du couplage mutuel dans le contexte d'une antenne en réseau, ceci en se penchant sur la conception des éléments rayonnants individuels.

- 5 Mais cela crée un niveau supplémentaire de complexité de conception indésirable dans de nombreux systèmes. Est souhaitable un agencement amélioré permettant de réduire l'effet de couplage mutuel sans essentiellement accroître la taille ou le poids des éléments
- 10 rayonnants. Par exemple, on a constaté que le couplage mutuel est réduit dans le cas de certains types d'éléments d'antenne en réseau en positionnant l'élément à l'intérieur d'une cavité. Mais cette approche suscite des problèmes de poids et de coût
- 15 accrus ainsi qu'une plus grande complexité de conception mécanique du réseau.

- L'invention concerne un procédé et un appareil en vue de réduire le couplage mutuel entre éléments rayonnants plans adjacents d'une antenne en réseau. Les
- 20 éléments peuvent être positionnés de manière adjacente les uns aux autres selon un réseau géométrique standard. Une ligne métallique conductrice circonférentielle est ménagée dans le plan de chaque élément sur un périmètre extérieur de ce dernier. Cette
- 25 ligne métallique conductrice est reliée électriquement à un potentiel de masse. Le potentiel de masse plan est préférablement fourni par un réflecteur de masse plan au-dessus duquel les éléments d'antenne sont suspendus. La ligne métallique suspendue peut être reliée au
- 30 réflecteur de masse plan par une ou plusieurs bornes qui s'étendent entre la ligne métallique conductrice et le réflecteur de masse plan.

Les éléments d'antenne individuels constituant le réseau peuvent être formés chacun d'une partie élément rayonnant disposée sur une couche diélectrique. Par exemple, l'élément rayonnant peut être gravé à partir d'un revêtement de cuivre formé sur la couche diélectrique. La ligne conductrice peut également être gravée à partir du revêtement de cuivre de manière à ce que l'élément rayonnant et la ligne soient sur un plan commun. Selon un mode de réalisation, la partie élément rayonnant peut être un élément rayonnant d'antenne de type Foursquare.

L'invention peut également comprendre un élément d'antenne individuel donnant un couplage réduit lorsqu'il est positionné parmi une pluralité d'éléments d'antenne adjacents dans un réseau. Dans ce cas-là, l'élément d'antenne individuel comporte une couche diélectrique, un élément rayonnant formé sur la couche diélectrique, et une ligne métallique conductrice circonférentielle dans le plan de l'élément rayonnant. L'élément rayonnant peut être formé comme élément de type Foursquare, cependant l'invention n'y est pas limitée. La ligne métallique circonférentielle peut être disposée à distance de l'élément rayonnant de manière à former un périmètre extérieur à celui-ci. La ligne conductrice métallique est reliée à un potentiel de masse, par exemple au réflecteur de masse plan au-dessus duquel l'élément est suspendu. La ligne métallique conductrice circonférentielle peut être électriquement connectée au masse plan par au moins une borne s'étendant entre la ligne métallique conductrice et le réflecteur de masse plan. Selon un aspect de l'invention, l'élément rayonnant d'antenne et la ligne métallique conductrice sont chacun formés à partir d'un

revêtement de cuivre sur la couche diélectrique de sorte qu'ils forment une même plan.

- L'invention peut également comporter un réseau à balayage d'éléments rayonnants plans présentant un
- 5 couplage mutuel réduit. Les éléments plans peuvent être formés selon une configuration Foursquare, mais l'invention n'y est pas limitée. Selon un mode de réalisation, plusieurs éléments d'antenne tels que
- 10 décrits dans la présente description peuvent être disposés de manière adjacente les uns aux autres dans une configuration en réseau doté d'une pluralité de points d'alimentation des éléments rayonnants. Un
- 15 contrôleur RF (Fréquence Radio) peut être prévu pour le contrôle d'au moins l'une ou l'autre parmi l'amplitude et la phase de la RF appliquée aux éléments rayonnants via les points d'alimentation. Une ligne métallique
- 20 conductrice circonférentielle peut être ménagée dans le plan de chaque élément sur un périmètre extérieur de ce dernier, et est avantageusement reliée à un potentiel de masse, notamment au réflecteur de masse plan au-
- 25 dessus duquel l'élément est suspendu. La liaison au masse plan peut être assurée par une ou plusieurs bornes de mise à la masse s'étendant entre la ligne métallique conductrice et le réflecteur de masse plan.
- L'un des éléments rayonnants au moins peut être un élément rayonnant d'antenne de type Foursquare, cependant l'invention peut être réalisée avec une
- 30 diversité d'autres éléments rayonnants d'antenne bien connus.
- La figure 1 montre une vue de dessus d'un élément d'antenne avec suppression de couplage mutuel à l'aide d'une ligne conductrice circonférentielle.

La figure 2 montre une vue en coupe transversale de l'élément d'antenne de la figure 1 selon la ligne 2-2 de la figure 1.

La figure 3 montre une vue en coupe transversale de l'élément d'antenne de la figure 1 selon la ligne 3-3 de la figure 1.

La figure 4 montre une vue en coupe transversale de l'élément d'antenne de la figure 1 selon la ligne 4-4 de la figure 1.

La figure 5 montre un dessin utile pour l'illustration de l'application de l'élément d'antenne de la figure 1 dans une configuration en réseau.

La figure 1 montre une vue de dessus d'un élément d'antenne 10 pouvant être utilisé dans une configuration en réseau. L'élément d'antenne 10 peut se composer des éléments rayonnants 20 disposés sur la surface du substrat 12. Comme le montre la figure 2, une masse 16 plan est préférablement disposé à distance des éléments rayonnants 20, sur une surface opposée du substrat 12. Un ensemble de points d'alimentation RF 22 alimentés par les lignes d'alimentation équilibrées (non illustrées) peut être ménagé comme illustré sur la figure 1, sur ses éléments rayonnants diagonalement opposés, en vue du pilotage des éléments rayonnants 20. Un deuxième ensemble correspondant de points d'alimentation, alimentés par une deuxième ligne d'alimentation équilibrée, peut également être prévu conventionnellement sur les deux éléments rayonnants diagonalement opposés restants 20. Pour les besoins de la clarté, le deuxième ensemble de points d'alimentation et ses lignes d'alimentations sont omis de la figure 1.

2835972

7

Le substrat 12 est de préférence un substrat de faible perte réalisé dans un matériau composite stratifié. Ce substrat peut par exemple se composer d'une couche supérieure en polytétrafluoroéthylène renforcé de microfibres de verre, par exemple du RT/duroid®5870 ayant une épaisseur de 0,028 pouce (environ 0,07 cm) avec revêtement cuivre d'une once (environ 0,04 cm) et couche inférieure en mousse polystyrène de 0,250 pouce (environ 0,63 cm) d'épaisseur. Les quatre éléments rayonnants 20 sont de préférence gravés sur la couche supérieure revêtue de cuivre.

L'élément d'antenne illustré sur la figure 1 est un élément de type Foursquare tel que décrit dans le brevet US 5 926 137 attribué à Nealy. Il importe cependant de noter que l'élément Foursquare est illustré à titre d'exemple et que l'invention n'y est pas limitée. D'autres configurations d'éléments rayonnants plans sont également possibles. L'invention peut par exemple faire usage d'autres éléments rayonnants conventionnels : spirales d'archimède, spirales équiangulaires, motifs sinueux et motifs à microrubans.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, une ligne conductrice circonférentielle 14 est également prévue sur le substrat 12 en vue de réduire le couplage mutuel évoqué plus haut entre éléments d'antenne adjacents 10 quand ils sont montés dans une configuration en réseau. La ligne conductrice est de préférence gravée à partir du revêtement de cuivre solidaire du substrat 12 de la même façon que pour les éléments rayonnants 20. Cependant l'invention



n'y est pas limitée et n'importe quel autre moyen approprié peut être utilisé pour réaliser la ligne conductrice à condition que celle-ci soit approximativement coplanaire avec les éléments rayonnants 20. Par exemple, la ligne conductrice peut être formée en imprimant un matériau conducteur sur le substrat 12, en collant un matériau conducteur au substrat, ou en dopant une partie du substrat afin de définir la ligne conductrice.

10 L'espacement de la ligne conductrice 14 par rapport au périmètre défini par le groupe d'éléments rayonnants 20 n'est pas critique, pourvu que la ligne reste approximativement dans le plan des éléments rayonnants 20. Selon un mode de réalisation préféré, 15 l'espacement peut être avantageusement choisi de manière à ce que la ligne 14 soit approximativement à mi-distance entre un élément d'antenne 10 et un élément d'antenne 10 adjacent correspondant du réseau. Si la ligne 14 est très proche des éléments rayonnants 20, il 20 pourra être nécessaire d'ajuster la fréquence centrale de l'élément d'antenne 10 afin de compenser l'effet de désintonisation de la ligne adjacente.

Les dimensions physiques de la ligne ne sont également pas critiques. Dans une situation type, la 25 ligne 14 peut avoir n'importe quelle largeur entre 1 millième et 10 millièmes de pouce (environ entre 0,002 et 0,025 cm), bien que des lignes plus minces ou plus larges soient également possibles. Selon un mode de réalisation préféré, les largeurs de lignes sont 30 préférablement petites par rapport aux dimensions des éléments d'antenne 20 afin de minimiser le risque d'effets parasites, qui seraient autrement possibles.

La largeur de la ligne n'est pas davantage critique pourvu qu'une partie au moins de la ligne soit dans le plan des éléments rayonnants 20. Les effets avantageux de la ligne 14 seront sensiblement réduits si une partie au moins de la ligne ne coïncide pas sur sa circonférence avec le plan défini par les éléments rayonnants. Bien que cela ne soit pas obligatoire, il serait acceptable, pour les besoins de la présente invention, que la ligne s'étende quelque peu en dessous ou en dessus de la surface du substrat 12.

La ligne conductrice 14 est de préférence reliée électriquement à un potentiel de masse afin d'isoler effectivement l'élément d'antenne 10 par rapport aux éléments adjacents de conception semblable du réseau. Sur la figure 3, on voit une vue en coupe transversale d'un élément d'antenne de la figure 1, selon la ligne 3-3. La figure 4 montre une vue en coupe transversale de l'élément d'antenne de la figure 1, selon la ligne 4-4. Sur les figures 3 et 4, des bornes de mise à la masse 18 sont préférentiellement ménagés pour la liaison électrique de la ligne circonférentielle au réflecteur de masse 16 plan. Les bornes de mise à la masse 18 peuvent être façonnées sous la forme de chemins métalliques plaqués. En variante, d'autres moyens appropriés quelconques peuvent être employés pour définir un chemin conducteur entre la ligne conductrice 14 et le réflecteur de masse 16 plan. Une borne de mise à la masse est de préférence ménagée à chaque angle de l'élément 10, comme illustré sur les figures 3 et 4. Cependant, l'invention n'y est pas limitée, et d'autres agencements de mise à la masse sont également possibles. On pourra par exemple utiliser un nombre accru ou moindre de bornes de mise à

la masse dont le positionnement pourra être ajusté afin d'obtenir le rendement maximum compte tenu du type d'élément d'antenne sélectionné. L'analyse de l'agencement d'antenne Foursquare illustré sur les figures 1 à 4 indique que les quatre bornes de mise à la masse situées à chaque angle de l'élément d'antenne 10 réduisent le couplage d'antenne entre éléments d'antenne adjacents 10 de manière presque aussi efficace que le fait d'enfermer chaque élément dans une cavité séparée. Cependant, on pourra également utiliser une seule borne de mise à la masse, bien qu'avec un rendement légèrement moindre.

La ligne métallique conductrice 14 ménagée de la manière illustrée offre également un moyen efficace de minimiser des anomalies de profil de rayonnement induites par couplage, ainsi que des problèmes de RATOS (rapport d'amplitude de tension des ondes stationnaires), dans une antenne en réseaux d'éléments plans 10. De manière significative, cette réduction du couplage mutuel est réalisée au prix d'une augmentation seulement minimale du poids total et de la complexité mécanique de l'antenne par comparaison à d'autres solutions. La présente approche permet aux éléments d'antenne plans, tels que les éléments d'un réseau Foursquare, d'être utilisés dans un réseau serré sans subir la complication de coefficients de couplage mutuel.

La figure 5 montre à titre d'illustration la géométrie d'une antenne en réseau 500 comprenant un grand nombre d'éléments d'antenne 10. Des lignes conductrices 14 sont disposées sur la circonférence de chaque élément d'antenne 10, comme cela est illustré. Selon un mode de réalisation préféré, les éléments

d'antenne adjacents peuvent partager une partie commune d'une ligne conductrice 14, comme cela est illustré. Cependant, l'invention n'y est pas limitée et chaque ligne conductrice 14 peut être physiquement séparée des  
5 lignes conductrices 14 d'éléments 10 adjacents. Un contrôleur d'alimentation 502 est conventionnellement fourni pour le contrôle du balayage d'un faisceau formé par le réseau. Le contrôleur d'alimentation 502 relie l'antenne en réseau 500 à un équipement émetteur et  
10 récepteur. Le contrôleur d'alimentation 502 contient conventionnellement des lignes d'alimentation et des déphaseurs pour le contrôle du balayage du faisceau.

L'invention a été décrite à l'aide d'un mode de réalisation préféré unique, mais l'homme du métier  
15 comprendra qu'elle peut être réalisée avec des modifications tout en restant dans l'esprit et l'étendue de ce qui suit.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour la réduction du couplage mutuel entre éléments adjacents d'une antenne en réseau (500) formée d'une pluralité d'éléments d'antennes plans (10) adjacents, consistant à :

5 positionner lesdits éléments adjacents les uns aux autres dans une configuration en réseau ;

disposer un conducteur circonférentiel dans le plan de chaque dit élément espacé par rapport auxdits éléments d'antenne de manière à former un périmètre  
10 extérieur de ces derniers ; et

relier ledit conducteur à un potentiel de masse.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit potentiel de masse est donné par un réflecteur de masse (16) plan au-dessus duquel lesdits éléments sont  
15 suspendus, et prévoyant en outre l'étape consistant à relier ledit conducteur audit réflecteur de masse (16) plan au moyen d'au moins une borne de mise à la masse (18) s'étendant entre ledit conducteur et ledit réflecteur de masse (16) plan.

20 3. Procédé selon la revendication 1, consistant en outre à former une partie élément rayonnant dudit élément d'antenne (10) sur une couche diélectrique.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel ladite étape de formation consiste en outre à graver  
25 ladite partie élément rayonnant à partir d'un revêtement de cuivre formé sur ladite couche diélectrique.

5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite étape de disposition d'un conducteur consiste en  
30 outre à graver une ligne à partir d'un revêtement de cuivre sur ladite couche diélectrique.

6. Procédé selon la revendication 3, dans lequel ladite partie élément rayonnant est un élément d'antenne (10) rayonnant de type Foursquare.

7. Antenne en réseau (500) bénéficiant d'un couplage réduit parmi une pluralité d'éléments d'antenne (10), comprenant :

une pluralité d'éléments d'antenne (10) plans adjacents les uns aux autres dans une configuration en réseau ;

un conducteur circonférentiel dans le plan de chacun desdits éléments, espacé par rapport auxdits éléments au niveau d'un périmètre extérieur de ces derniers ledit conducteur étant relié à un potentiel de masse.

8. Antenne en réseau (500) selon la revendication 7, comprenant en outre un réflecteur de masse plan (16) au-dessus duquel lesdits éléments sont suspendus, ledit conducteur circonférentiel étant électriquement relié audit réflecteur de masse plan (16) au moyen d'au moins une borne de mise à la masse (16) s'étendant entre ledit conducteur et ledit réflecteur de masse plan (16).

9. Antenne en réseau (500) selon la revendication 7, dans laquelle chaque élément d'antenne (10) comprend en outre une partie élément rayonnant formée sur une couche diélectrique.

10. Antenne en réseau (500) selon la revendication 9, dans laquelle ladite partie élément rayonnant est gravée à partir d'une partie sélectionnée d'un revêtement de cuivre sur ladite couche diélectrique.

11. Antenne en réseau (500) selon la revendication 9, dans laquelle ledit conducteur est une ligne gravée à partir dudit revêtement de cuivre.

12. Antenne en réseau (500) selon la revendication 9, dans laquelle ladite partie élément rayonnant est un élément d'antenne (10) rayonnant de type Foursquare.

13. Élément d'antenne (500) en vue de donner un couplage réduit à une pluralité d'éléments d'antenne (10) adjacents en réseau, comprenant :

une couche diélectrique ;

un élément rayonnant formé sur ladite couche diélectrique ;

un conducteur circonférentiel dans le plan dudit élément rayonnant, espacé par rapport audit élément rayonnant de manière à former un périmètre extérieur de ce dernier, ledit conducteur étant relié à un potentiel de masse.

14. Élément d'antenne (10) selon la revendication 13, comprenant en outre un réflecteur de masse (16) plan sur lequel ledit élément est suspendu, ledit conducteur circonférentiel étant électriquement relié audit masse plan (16) au moyen d'au moins une borne de mise à la masse (16) s'étendant entre ledit conducteur et ledit réflecteur de masse (16) plan.

15. Élément d'antenne (10) selon la revendication 13, dans lequel ledit élément rayonnant et ledit conducteur sont chacun formés à partir d'un revêtement de cuivre sur ladite couche diélectrique.

16. Réseau à balayage d'éléments rayonnants (20) comprenant :

une pluralité d'éléments d'antenne (10) plans adjacents les uns aux autres dans une configuration en réseau ;

une pluralité de points d'alimentation reliés  
5 auxdits éléments rayonnants (20) ;

un contrôleur pour contrôler au moins l'une parmi la phase et l'amplitude de la RF appliquée auxdits éléments rayonnants (20) via lesdits points d'alimentation (22) ;

10 un conducteur circonférentiel dans le plan de chacun desdits éléments espacé par rapport à chacun desdits éléments au niveau d'un périmètre extérieur de ces derniers, ledit conducteur étant relié à un potentiel de masse.

15 17. Réseau à balayage selon la revendication 16, comprenant en outre un réflecteur de masse (16) plan au-dessus duquel ladite pluralité d'éléments est suspendue, ledit conducteur circonférentiel étant relié électriquement à ladite masse (16) plane au moyen d'au  
20 moins une borne de mise à la masse (18) s'étendant entre ledit conducteur et ledit réflecteur de masse plan (16).

18. Réseau à balayage selon la revendication 16, dans lequel au moins l'un desdits éléments  
25 rayonnants (20) est un élément rayonnant d'antenne Foursquare.



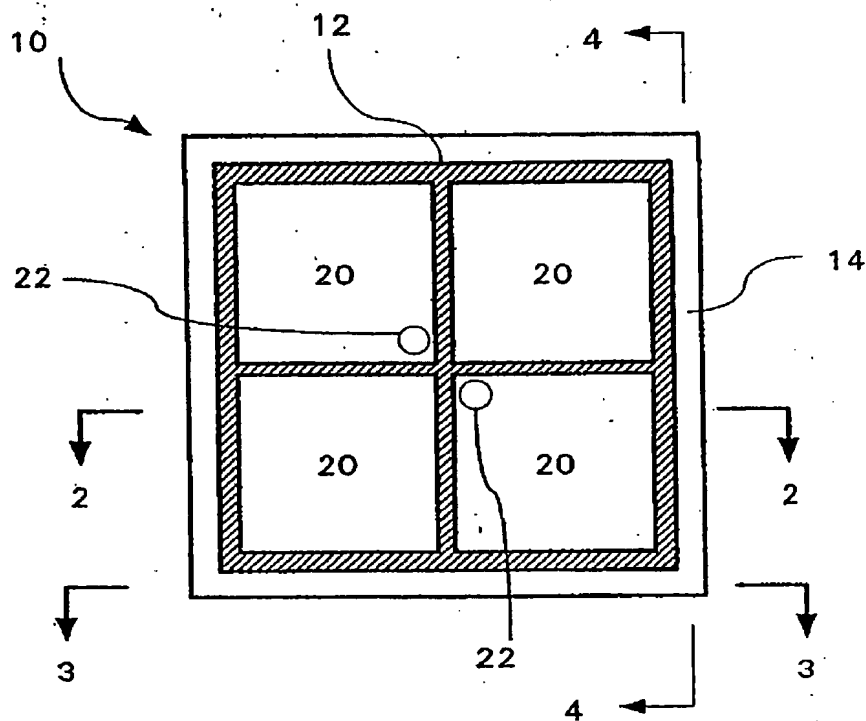


Fig. 1

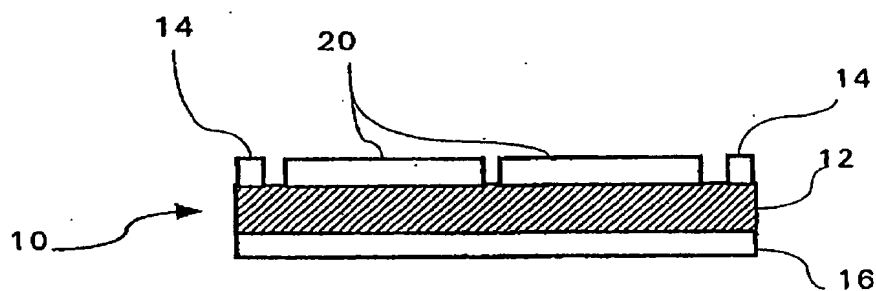


Fig. 2

2835972

2/3

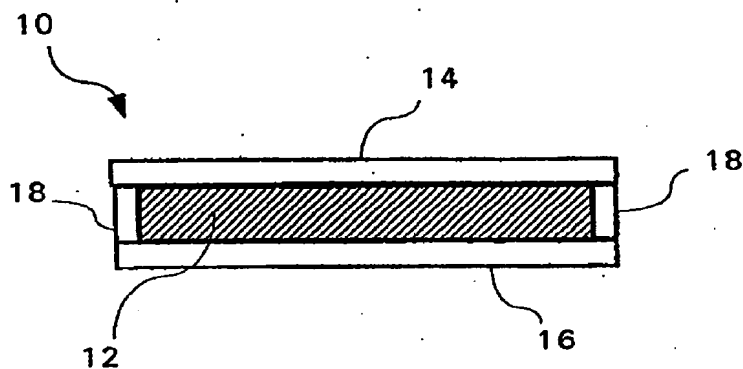


Fig. 3

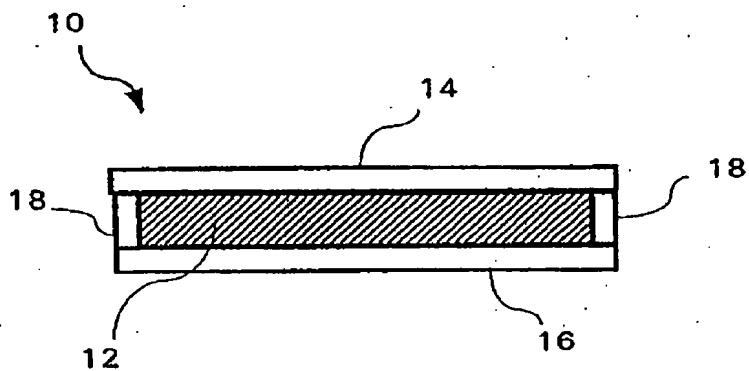


Fig. 4

2835972

3/3

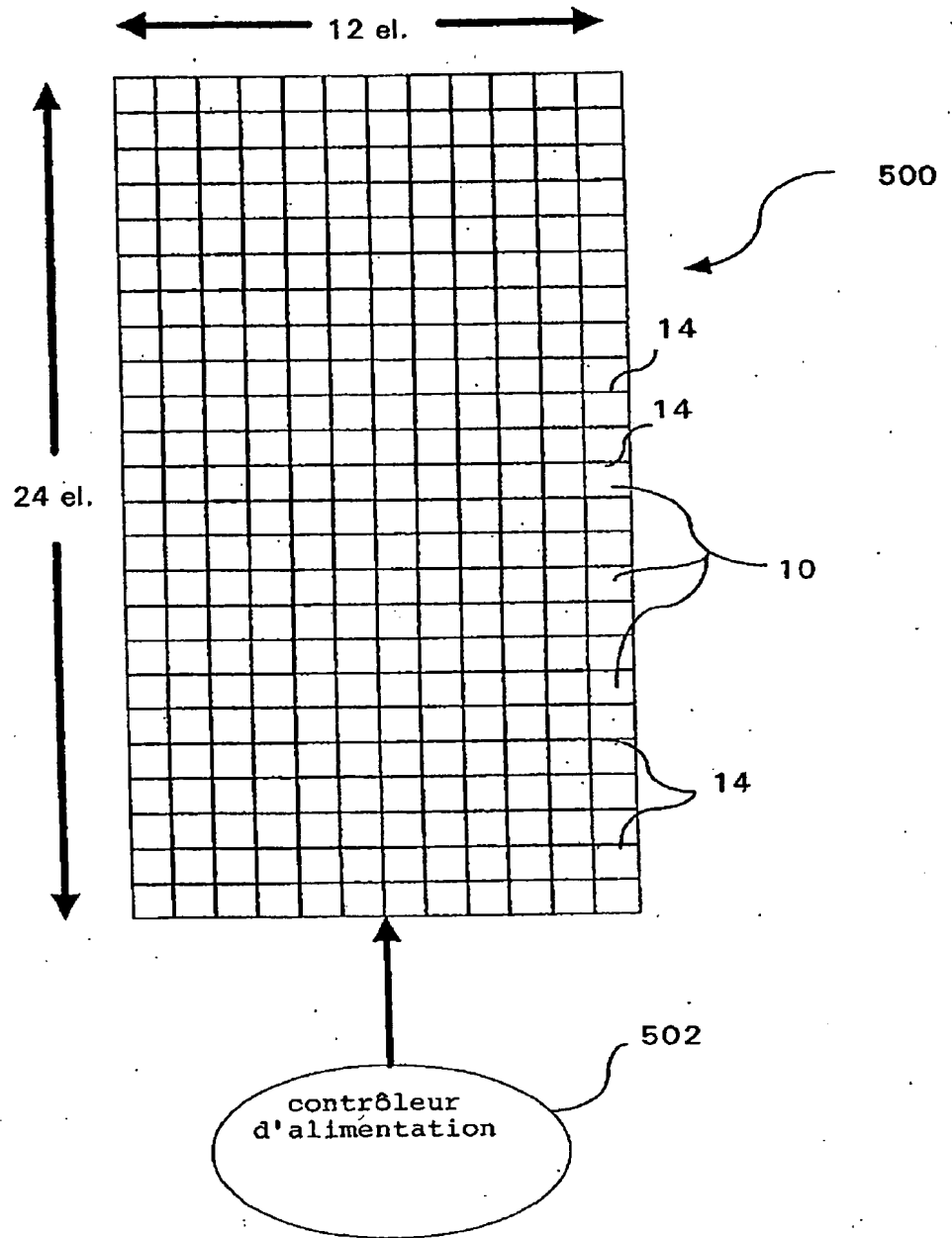


Fig. 5